PART2　異化-発酵

目標
・発酵と呼吸の共通点と相違点を理解する。
・乳酸発酵とアルコール発酵の過程を把握する。

Chapter1　異化

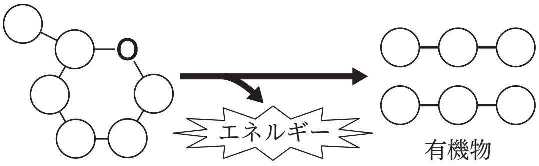
◆ 発酵と呼吸

分解反応である異化には，酸素を必要としない（　　　　）と，主にミトコンドリアで進み酸素を必要とする（　　　　）などがある。どちらも，有機物の分解によって生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

発酵：原核細胞や低酸素環境での真核細胞では，発酵によって ATP が産生されている。

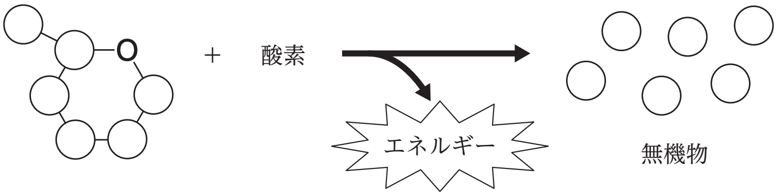
例 乳酸発酵（乳酸菌），アルコール発酵（酵母），解糖（低酸素環境の筋細胞など）

特徴　・サイトゾル（細胞質基質）で進み，酸素が消費されない。
・発酵の結果生じる生成物は，低分子の有機物である。



呼吸：多くの真核細胞では，呼吸によって ATP が産生されている。

特徴　・解糖系，クエン酸回路と電子伝達系の 3 段階に分けられる。
・クエン酸回路と電子伝達系はミトコンドリアで進む。
・呼吸によって，有機物が無機物にまで分解される。

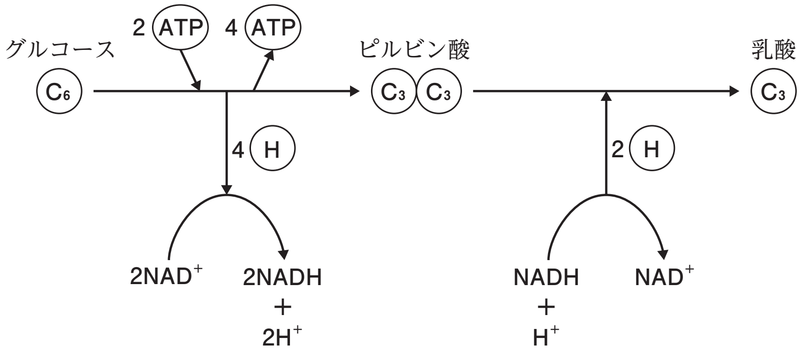


Chapter2　乳酸発酵とアルコール発酵

◆ 乳酸発酵

乳酸菌は，グルコースを乳酸に分解する過程で生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3（乳酸）（+\ 2ATP）$$



・1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が生成される。

・脱水素酵素によって有機物が酸化される過程で，酸化型補酵素 NAD^+ が還元されて，還元型補酵素 NADH が生じる。

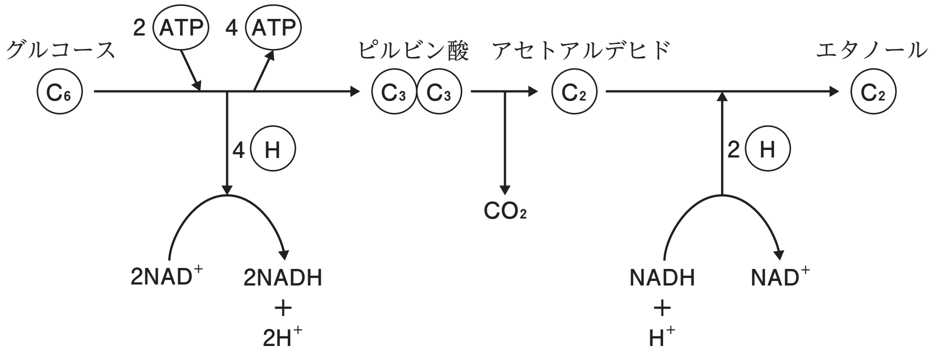
・ピルビン酸が NADH と反応することで乳酸が生じ，補酵素は酸化型の NAD^+ に戻る。

※低酸素環境の筋細胞では，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程は，（　　　　）とよばれる。

◆ アルコール発酵

酵母は，グルコースをエタノールと二酸化炭素に分解する過程で生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH\ (\text{エタノール}) + 2CO_2 \quad (+\ 2ATP)$$



乳酸発酵との共通点

・グルコースからピルビン酸が生じる過程で，ATP の消費と生成が起こり，補酵素が還元される。

・還元型補酵素 NADH によって，有機物が還元されて最終生成物が生じる。

乳酸発酵との相違点

・乳酸発酵ではピルビン酸が還元されたが，アルコール発酵ではアセトアルデヒドが還元されてエタノールが生じる。

まとめ

・異化には，発酵と呼吸があり，有機物の分解を通じて ATP が合成されている。

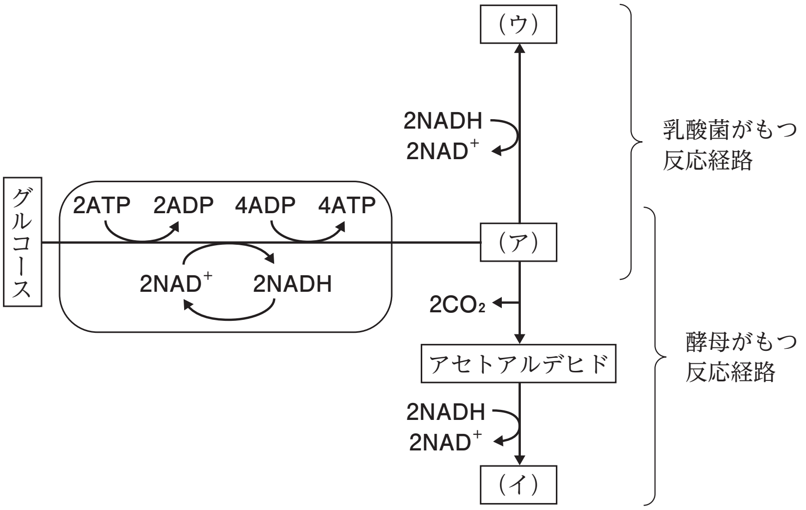
・発酵には，グルコースから乳酸が生じる乳酸発酵と，グルコースからエタノールが生じるアルコール発酵などがある。

Chapter3　演習問題

問　酵母は，酸素の供給が十分でないと，グルコースを（　ア　）に分解する過程で正味2分子のATPを合成し，NAD^+をNADHに変換する。次いで，脱炭酸酵素のはたらきによって（　ア　）から2分子の二酸化炭素が取り除かれてアセトアルデヒドが生じ，アセトアルデヒドはNADHによって速やかに還元され，最終的に（　イ　）が生じる。このとき，NADHはNAD^+にもどり，反応は継続する。

乳酸菌は，酵母と同様にグルコースを（　ア　）まで分解する過程で正味2分子のATPを合成し，生じたNADHが分解産物の（　ア　）を還元し，（　ウ　）が生じる。この反応経路は，激しい運動によって酸素の供給が間に合わなくなった筋肉でグルコースが利用され（　ウ　）が生成する過程，すなわち（　エ　）と同じである。

(1)　文中および図の（　ア　）～（　エ　）に入る適切な語句を下記から1つずつ選べ。



① エタノール　② 酢酸　③ クエン酸　④ ピルビン酸
⑤ 乳酸　⑥ 解糖　⑦ 緊張　⑧ 疲労
⑨ 呼吸

(2)　文中に示す酵母および乳酸菌がもつ代謝系をそれぞれ何というか，名称を答えよ。

第７講　PART2　確認問題

問１　異化には酸素を必要とする反応のほかに，酸素を必要としない（　ア　）という反応がある。いずれの反応も（　イ　）を合成する。

(1)　文中の（　ア　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　呼吸　　②　光合成
③　発酵　　④　窒素固定

(2)　文中の（　イ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ATP　　②　タンパク質
③　グルコース　　④　アミノ酸

問２　次の図は，アルコール発酵の過程を模式的に表したものである。この図について，後の問いに答えよ。

(1)　1 分子のグルコースから生じるエタノールの分子数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1　　②　2
③　3　　④　4

(2)　ATP が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　過程 A のみ
②　過程 B のみ
③　過程 A と過程 B

(3)　二酸化炭素が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　過程 A のみ

②　過程 B のみ

③　過程 A と過程 B

問３　次の図は乳酸発酵の過程を模式的に表したものである。この図について，後の問いに答えよ。

(1)　1 分子のグルコースから生じる乳酸の分子数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1　　②　2

③　3　　④　4

(2)　ATP が合成される過程として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　過程 A のみ

②　過程 B のみ

③　過程 A と過程 B

(3)　筋細胞は低酸素条件下において，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　電子伝達系　　②　解糖

③　クエン酸回路　　④　光リン酸化

第７講　代謝

PART1　代謝とエネルギー

問１　(ア) ①　(イ) ④　(ウ) ③　(エ) ①　(オ) ②

問２　④

PART2　異化-発酵

(1)　(ア) ④　(イ) ①　(ウ) ⑤　(エ) ⑥

(2)　酵母：アルコール発酵　乳酸菌：乳酸発酵

PART3　異化-呼吸

(1)　(ア) 水　(イ) オキサロ酢酸　(ウ) 酸化的リン酸化

(2)　②

(3)　NAD^+

(4)　マトリックスから，内膜と外膜の間に運ばれる。

PART4　さまざまな呼吸基質

(1)　(ア) ピルビン酸　(イ) NADH　(ウ) $FADH_2$
(エ) 電子伝達系　(オ) グリセリン
(カ) 脂肪酸　(キ) 尿素　（イ・ウ・オ・カ順不同）

(2)　(あ) 6　(い) 6　(う) 6　(え) 163　(お) 114

PART5　光合成と光合成色素

問１　[1]：③　[2]：③　[3]：④

問２　A：クロロフィルｂ　B：カロテン　C：クロロフィルａ

PART6　光合成のしくみ

⑴　㋐ 光合成色素　㋑ 水　㋒ 酸素　㋓ ATP 合成酵素

㋔ ルビスコ　㋕ カルビン回路

⑵　ストロマ

⑶　ⅰ：5　ⅱ：3

PART7　さまざまな炭酸同化

問１　㋐ バクテリオクロロフィル　㋑ カルビン　㋒ 化学合成

問２　⑴ 6分子　⑵ H_2S　⑶ シアノバクテリア

問３　①，③

第7講　PART2　確認問題　解答

問1

(1)　③

解説：
異化には，酸素を必要としない発酵と，主にミトコンドリアで進み酸素を必要とする呼吸がある。

(2)　①

解説：
発酵，呼吸ともに有機物の分解によって生じたエネルギーを利用して，ATP を合成している。

問2

(1)　②

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じ，2 分子のピルビン酸から 2 分子のアセトアルデヒドになる。2 分子のアセトアルデヒドは NADH によって還元され，最終的に 2 分子のエタノールとなる。

(2)　①

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が合成される。

⑶　②

解説：
ピルビン酸からエタノールが生じる過程では，まず二酸化炭素が放出されて，ピルビン酸がアセトアルデヒドになる。次に，アセトアルデヒドが還元されて，エタノールが生じる。

問3

⑴　②

解説：
1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じ，2 分子のピルビン酸から 2 分子の乳酸が生じる。

⑵　①

解説：
アルコール発酵と同様に，1 分子のグルコースから 2 分子のピルビン酸が生じる過程で，2 分子の ATP が消費され，4 分子の ATP が合成される。

⑶　②

解説：
低酸素環境の筋細胞では，乳酸発酵と同じ過程で ATP 合成が起こる。この過程を解糖という。